

В.П. Маршуба, канд. тех. наук

Украинская инженерно-педагогическая академия,
г. Харькова

**ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И
КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СПИРАЛЬНОГО
СВЕРЛА НА СИЛУ РЕЗАНИЯ ПРИ СВЕРЛЕНИИ
ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ В АЛЮМИНИЯХ**

Исследовано влияние величин угла наклона винтовой канавки и угла в плане на силу резания при глубоком безвыводном сверлении литейных алюминиевых сплавов на агрегатных станках. На основе полученных закономерностей изменения силы резания уточнены значения углов, при использовании которых увеличивается стойкость стандартного режущего инструмента. Использование этих закономерностей позволит максимально увеличить производительность при обработке деталей из данных сплавов.

Введение. Выполненные в настоящее время отечественные и зарубежные работы по исследованию процесса глубокого сверления в различных материалах в большинстве своем решают только частные задачи технологического характера и не раскрывают сути взаимного влияния друг на друга физических явлений, протекающих в процессе среза и транспортировки стружки из зоны резания. Особенно это характерно для зарубежных источников, которые по соображениям сохранения коммерческой тайны приводят лишь отрывочные данные по влиянию геометрических параметров и конструктивных элементов спиральных сверл на силу резания.

Анализ последних исследований и публикаций. Данные по влиянию геометрических параметров и конструктивных элементов (ГПРЧ) спиральных сверл на осевую составляющую силы резания (P_O) и крутящий момент ($M_{кр}$) при глубоком безвыводном сверлении (ГБС) литейных алюминиев на агрегатных станках (АС) в технической литературе практически отсутствуют либо не-

полны [1, 2]. Поэтому для повышения эффективности ГБС отверстий в литейных алюминиях необходимо выяснить влияние величин угла наклона винтовой канавки и угла в плане на силу резания, то есть определить зависимость влияния величин углов на условия разрушения непрерывной ленты стружки (получаемой при срезе в зоне резания) на мелкие фрагменты и условия её транспортировки из зоны обработки.

Из технической литературы [3] известно, что процесс обработки глубоких отверстий на агрегатных станках по безвыводной схеме обработки возможен, однако возникает вопрос с принудительным отводом стружки из зоны резания. Кроме этого, по данным [4-8], известно, что влияние геометрических параметров и конструктивных элементов сверл на силу резания неоднозначно, т.е. они определяют возможность образования небольших фрагментов стружки и удаление её из зоны обработки при сверлении сталей, тогда как для алюминия зависимость силы резания не установлена, а значит, её необходимо уточнить.

Цель исследований – установить научно обоснованные рекомендации по выбору оптимальных величин угла наклона винтовой канавки и угла в плане в зависимости от механических и физических свойств обрабатываемых литейных алюминиев, экономически обоснованных режимов резания. Данные исследования направлены на повышение стойкости стандартного режущего инструмента при глубоком безвыводном сверлении.

Изложение основного материала. Увеличение значений угла наклона винтовой канавки (ω) спирального сверла влияет больше на осевую составляющую силы резания (P_O), чем на крутящий момент ($M_{кр}$). Связано это с тем, что увеличение угла ω вызывает увеличение угла γ , так как эти величины пропорциональны и зависят друг от друга. В свою очередь, это вызывает снижение силы резания на главной режущей кромке (ГРК) из-за снижения величины работы по пластическому деформированию стружки и уменьшению трения по передней поверхности спиральной канавки. Однако данные по вопросу влияния угла наклона винтовой канавки на силу резания различаются между собой в больших пределах.

Так, по данным В.Ф. Боброва [5], влияние угла ω на P_O и $M_{кр}$ заметно при значениях угла $\omega < 30...35$, а дальнейшее увеличение величины угла практически не сказывается на изменении P_O и $M_{кр}$. В работе [4] Г.И. Грановский, утверждает, что влияние угла наклона винтовой линии спирального сверла на P_O и $M_{кр}$ становится заметным уже при значениях $\omega < 40...45$.

Такой значительный разброс величин угла ω свидетельствует о том, что влияние изменения величины угла ω на осевую составляющую силы и крутящий момент зависит, в первую очередь, от свойств материала обрабатываемой детали, условий схода стружки и адгезионного взаимодействия инструментального и обрабатываемого материалов. Поэтому необходимо уточнить влияние угла ω на P_O и $M_{кр}$ при ГБС отверстий в литейных алюминиях.

Опыты по определению влияния угла наклона винтовой канавки ω на осевую составляющую силы резания (P_O) и крутящий момент ($M_{кр}$) проводились на специально созданной моделирующей установке при постоянном диаметре стандартного сверла ($D=11,2$ мм), скорости резания ($V=31,65$ м/мин) и подаче ($S=0,28$ мм/об). Установка была создана на базе вертикально-сверлильного станка модели 2С132 Стерлитамакского станкостроительного завода, универсального трехкомпонентного динамометра с тензометрическими датчиками УДМ–600, электронного усилителя ТА–5 и шлейфового осциллографа Н–115. Сверление отверстий производили последовательно стандартными сверлами с различными углами подъема спиральной канавки, например: 25, 35, 45°, во всех опытах осуществлялась однотипная заточка вершины сверла с элементами дробления стружки.

Закономерность влияния величины угла наклона спиральной канавки на осевую составляющую P_O и крутящий момент $M_{кр}$ в интервале от 25 до 45° (см. рис. 1, а и б) зависит от изменения, связанного с углом ω переднего угла γ . Отсюда следует, что увеличение угла ω определяет рост угла γ на ГРК, что, в свою очередь, улучшает условия среза стружки и снижает степень пластической деформации материала.

Из рис. 1 видно, что увеличение значений угла ω в избранном интервале уменьшает осевую составляющую силы в среднем в 3,5 раза, а крутящий момент – в 2,3 раза. Дальнейшее увеличение угла ω ($\omega > 45^\circ$) практически не сказывается на снижении осевой составляющей силы и крутящего момента. Поэтому на основе опытных данных принимаем значение угла наклона спиральной канавки $\omega = 45^\circ$, что подтверждается экспериментальными значениями других авторов.

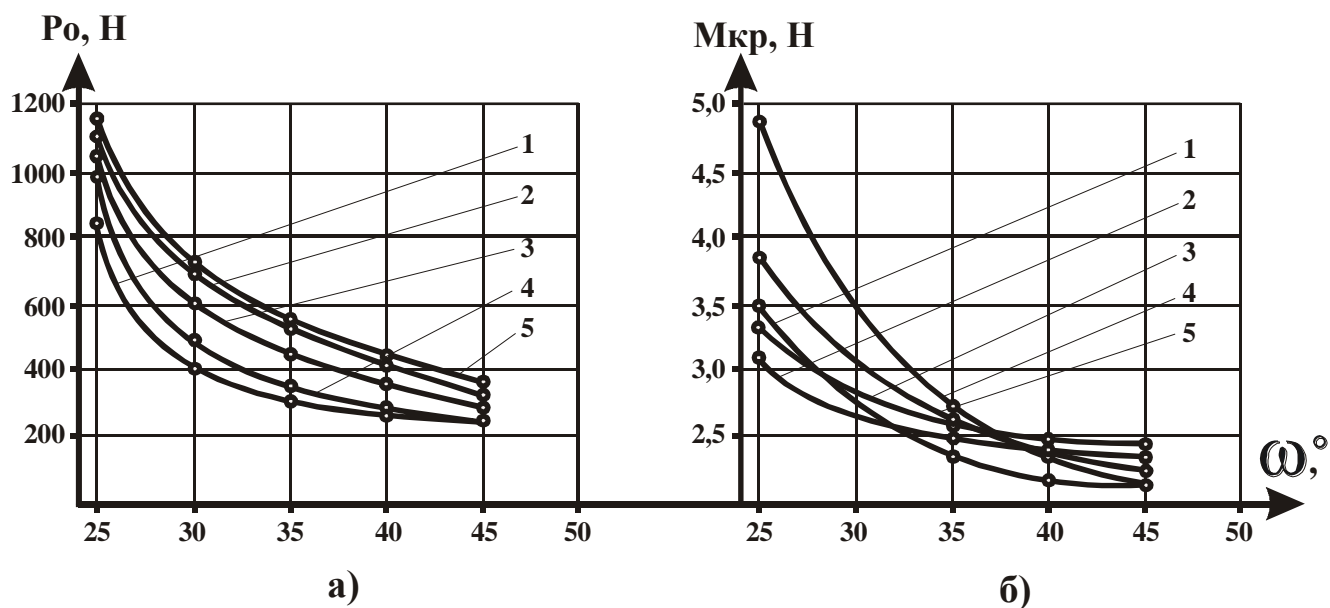


Рис. 1. Влияние величины угла наклона винтовой канавки (ω) стандартного спирального сверла на:
а) осевую составляющую силы резания P_o ; б) крутящий момент $M_{кр}$.
1) AK7; 2) AK7n; 3) AK7nc; 4) AK5M2; 5) AK7Ц9

Закономерность влияния угла в плане спирального сверла (φ) на осевую составляющую P_o и крутящий момент $M_{кр}$ зависит от отношения ширины срезаемого слоя к его толщине. Следовательно, увеличение либо уменьшение угла φ при $D = \text{const}$ приводит к изменению отношения b/a , т.е. при увеличении угла φ отношение ширины срезаемого слоя к его толщине снижается, тогда как при уменьшении угла φ , наоборот возрастает. Отсюда следует, что при уменьшении угла φ растет величина крутящего момента, т.к. увеличивается толщина срезаемого слоя, тогда осевая составляющая силы снижается. При увеличении угла γ

отношение ширины срезаемого слоя к его толщине растёт, что вызывает рост осевой составляющей, тогда как крутящий момент снижается.

В работах [4, 5] указывается, что при сверлении отверстий в литейных алюминиевых сплавах значение угла в плане принято $2\varphi = 135...140^\circ$, тогда как по данным работы [7], величина угла - 130° . Из этого следует, что закономерность влияния угла в плане на осевую составляющую P_O и крутящий момент $M_{кр}$ необходимо уточнить, так как разброс экспериментальных значений достигает от 8 до 12%. Кроме того, при разработке новых конструкций спиральных сверл наметилась тенденция к увеличению угла в плане при обработке глубоких отверстий в алюминиях [8].

Опыты по определению влияния угла в плане φ на осевую составляющую силы резания P_O и крутящий момент $M_{кр}$ (см. рис. 2) осуществляли при постоянном диаметре сверла ($D = 11,2$ мм), скорости резания ($V = 31,65$ м/мин) и подаче ($S = 0,28$ мм/об). Процесс обработки отверстий производили последовательно стандартными спиральными сверлами с различной заточкой вершины режущего инструмента, например: 2φ - 120, 130, 140 и 150° .

Из рис. 2 (а и б) видно, что увеличение угла 2φ в интервале от 120 до 150° вызывает рост осевой составляющей P_O в 1,7 раза, а крутящий момент $M_{кр}$ снижает в 1,6 раза. Связано это с тем, что увеличение угла 2φ приводит к росту P_O , так как увеличивается сопротивление внедрению сверла в материал заготовки. Уменьшение $M_{кр}$ связано с изменением ширины срезаемого слоя, т.е. уменьшается плечо, на котором они действуют.

Осевая составляющая P_O в избранном интервале (от 120 до 150°) увеличивается в арифметической прогрессии, тогда как значения момента $M_{кр}$ уменьшаются до $135...140^\circ$, а затем начинают увеличиваться. Связано это с тем, что увеличение угла 2φ вызывает утолщение стружки, в результате снижается удельная сила резания.

При расчете конструкции спиральных сверл на прочность, диаметром больше 3 мм, осевая составляющая силы не является лимитирующим фактором, тогда как значения крутящего момента служат критическими расчетными па-

раметрами. Поэтому при обработке глубоких отверстий выбираем значение угла в плане стандартного сверла с элементами дробления стружки, по минимальному значению крутящего момента, равному 135...140°.

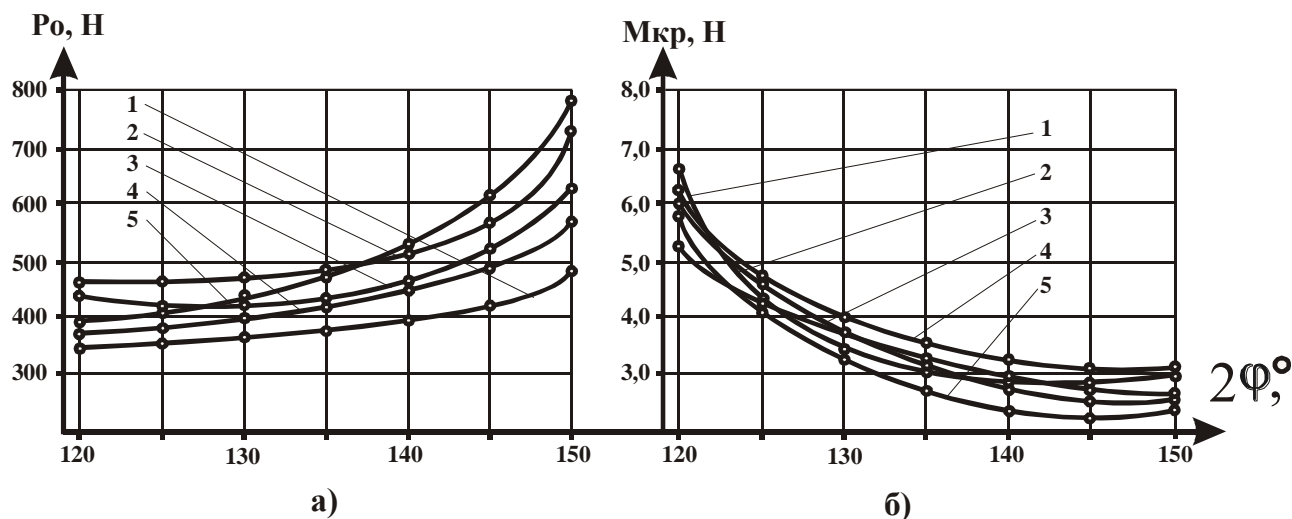


Рис. 2 - Влияние величины угла при вершине стандартного спирального сверла 2φ на: а) осевую составляющую силы резания P_o ; б) крутящий момент $M_{кр}$; 1)AK7; 2)AK7n; 3)AK7nc; 4)AK5M2; 5)AK7Ц9

Результаты полученные в ходе проведения опытов по установлению распределения величины осевой составляющей силы резания и крутящего момента по режущим кромкам в зависимости от глубины сверления определены в процентах и сведены в таблицу.

Распределение величины осевой составляющей силы резания и крутящего момента по режущим кромкам в зависимости от глубины сверления в процентах

| Наименование | Доля, приходящаяся в %, на: | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------------------------|------|------|------|-----|------------------------|------|------|------|-----|
| | главные лезвия | | | | | вспомогательные лезвия | | | | |
| | 3d | 5d | 7d | 9d | 11d | 3d | 5d | 7d | 9d | 11d |
| Осевая составляющая, Н | 40 | 39,9 | 39,6 | 39,4 | 39 | 3 | 3,3 | 3,75 | 4,2 | 5 |
| Крутящий момент, Нмм | 80 | 79,3 | 78,5 | 77,4 | 76 | 12 | 13,3 | 15 | 17,2 | 20 |

Продолжение таблицы

| Наименование | Доля, приходящаяся в %, на: | | | | |
|------------------------|-----------------------------|------|------|------|-----|
| | перемычку | | | | |
| | 3d | 5d | 7d | 9d | 11d |
| Осевая составляющая, Н | 57 | 56,8 | 56,6 | 56,4 | 55 |
| Крутящий момент, Нмм | 8 | 7,3 | 6,5 | 5,4 | 4 |

Выводы

На моделирующей установке установлены основные закономерности изменения осевой составляющей силы резания и крутящего момента в зависимости от ГПРЧ стандартных сверл при повышении эффективности ГБС отверстий (до 10...15d) в литейных алюминиях на АС. На основе анализа исследуемых закономерностей определены оптимальные значения ГПРЧ сверла (углы ω , 2φ), следовательно:

1) ГПРЧ стандартных сверл с элементами дробления стружки оказывают прямое влияние на закономерности изменения осевой составляющей силы и крутящий момент, так как от ГПРЧ зависят стойкость инструмента, условия удаления стружки из зоны резания и зоны обработки, способность стандартных сверл обрабатывать глубокие отверстия до 10...15d за один проход.

2) ГПРЧ стандартных сверл (углы φ ω), во многом зависят от свойств обрабатываемого материала. Следовательно, в нашем случае при ГБС отверстий в алюминиях они подобраны исходя из особенностей обработки этих материалов, анализа результатов проведенных опытов и назначаются по совокупности оптимальных (т.е. минимальных) значений осевой составляющей силы резания и крутящего момента, поэтому принимаем значение углов $2\varphi^\circ=135...140$ и $\omega=45^\circ$.

3) При анализе результатов экспериментов по определению закономерностей влияния ГПРЧ стандартных сверл с элементами дробления стружки на закономерность изменения осевой составляющей P_O и крутящего момента $M_{кр}$

установлено процентное распределение P_O и $M_{кр}$ по режущим кромкам в зависимости от глубины сверления (см. таблицу)

ЛИТЕРАТУРА

1. *Справочник технолога-машиностроителя*: В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
2. *Обработка металлов резанием. Справочник технолога* / Под ред. А.А. Панова и др. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
3. *Дрожжин В.И.* Эффективность глубокого сверления алюминия многошпиндельными разно инструментальными головками на агрегатных станках и автоматических линиях. / Дрожжин В.И., Маршуба В.П. // *Высокие технологии в машиностроении: тенденции развития, менеджмент, маркетинг*: Тр. VII Междунар. науч.-техн. Семинара, 24-28 сентября 1998 г. – Х.: Харьк. гос. политехн. ун., 1998. – С. 198-201.
4. *Грановский Г.И.* Резание металлов. / Грановский Г.И., Грановский В.Г. – М.: Высш. шк., 1985. – 304 с.
5. *Бобров В.Ф.* Основы теории резания металлов. – М.: Машиностроение, 1975. – 344 с.
6. *Резников Н.И.* Учение о резании металлов. – М.: Машгиз, 1947. – 586 с.
7. *Минков М.А.* Технология изготовления глубоких точных отверстий. – М.: Машиностроение, 1965. – 175 с.
8. *Маслов А.Р.* Прогрессивный инструмент для обработки отверстий. – М.: ВНИИТЭРМ, 1990. – №4. – С. 56.

Поступила в редакцию

10.01.04